

## 8.15. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ

Царегородцев А.В., д.т.н., профессор;  
Ковалев А.А., аспирант

Всероссийская государственная налоговая академия Минфина РФ

В статье предлагается один из подходов к исследованию динамики показателей финансовых рынков. Доказывается возможность применения теории детерминированного хаоса к исследованию динамики фьючерсных контрактов на валютном секторе финансового рынка. Эта теория позволяет учесть сложные внутренние взаимодействия экономических показателей исследуемой системы. Приводятся результаты исследования временных рядов валютного фьючерсного рынка.

### ВВЕДЕНИЕ

Финансовые рынки являются основой рыночной экономики. К исследованию динамики показателей финансовых рынков существует несколько альтернативных подходов. Традиционные модели являются стохастическими.

Другой подход к анализу нерегулярности и сложности финансовых данных основан на теории детерминированного хаоса [1]. В частности, детерминированный хаос предлагает объяснение нерегулярного поведения в системах, которые не являются стохастическими, как результат сложных нелинейных взаимодействий внутренних параметров данных систем. Согласно теории хаоса, введение в модель теоретически оправданных нелинейностей может объяснить экономические флуктуации более успешно, нежели введение случайных переменных. Данная теория представляет совершенно новые концепции и алгоритмы для анализа временных рядов, что может привести к более полному пониманию природы процесса.

Данная теория предлагает широкий выбор мощных методов и находит обширное применение в экономике от исследования бизнес-процессов отдельных фирм до математического описания развития национальной экономики. Но область исследования именно финансовых рынков остается малоизученной, в то время как их динамика – один из важных индикаторов состояния экономики в целом.

В настоящей работе рассматривается возможность применения теории детерминированного хаоса к исследованию динамики фьючерсных контрактов на валютном секторе финансового рынка. Проводится исследование временных рядов валютного фьючерсного рынка.

### 1. ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ФЬУЧЕРСНОЙ ТОРГОВЛИ

Фьючерсная торговля возникла из биржевой торговли реальным товаром. Первоначально биржа была просто местом, где заключались крупнооптовые товарные сделки с наличным биржевым товаром с поставкой покупателю немедленно или в ближайший срок. Параллельно этому процессу шло развитие торговли товарами или их образцами, выставляемыми на биржу, с поставкой их через определенный срок (обычно исчисляемый месяцами). Сделки, заключенные со сроком поставки на будущее, в отличие от контрактов с немедленной поставкой товаров, требуют более четкой стандартизации и гарантирования их исполнения. Иначе говоря, по мере развития крупной промышленности и вытекающих из этого требований возникла необходимость общественно-приемлемой стандартизации товарных сделок, с одной стороны, и гарантирования их исполнения – с другой. Если стандартизация сделок облегчает их заключение, а значит, ведет к увеличению торгового оборота, то гарантирование требует наличия организации, которая берет на себя указанную задачу. Эту задачу успешно выполняют

биржи, которые проводят большую работу по стандартизации условий заключаемых сделок и являются гарантами их исполнения.

Система гарантирования исполнения сделок развивалась в двух направлениях. С одной стороны, биржи создавали страховые, гарантийные запасы биржевых товаров, а с другой – широкое развитие получил механизм перепродажи ранее заключенных биржевых контрактов, позволявший продавцу или покупателю вместо отказа от исполнения биржевого договора (в силу определенных экономических условий) продать свое договорное обязательство или купить новое. Последнее обстоятельство путем эволюции привело к разработке стандартных биржевых договоров с поставкой товара на срок и их обращению как самостоятельных объектов биржевой торговли.

Основная причина и необходимость развития фьючерсной торговли состоят в том, что последняя обеспечивает снятие тех ограничений, которые имеет торговля непосредственно биржевым товаром. Сам товар как материальное благо несет ограничения для развития биржевой торговли. Избавиться от них можно путем организации торговли не самим товаром, а лишь правами на него, т.е. фьючерсными контрактами. Купля-продажа товаров на бирже уступает место биржевому обороту фьючерсных контрактов, связь которых с рынком реального товара носит в основном косвенный характер, так как лишь несколько процентов от общего числа контрактов заканчиваются реальной поставкой товара. Косвенная же связь состоит в том, что владельцы контрактов постоянно продают и покупают их в соответствии с влиянием меняющейся рыночной конъюнктуры на их коммерческую или иную деятельность.

Фьючерсная торговля появилась во второй половине XIX в. Ее возникновение и развитие связаны с тем, что она позволила снизить риск неблагоприятных колебаний цен на обращение капитала, уменьшить размер резервного капитала, требуемого на случай неблагоприятной конъюнктуры, ускорить возврат в денежной форме авансированного капитала, удешевить кредитную торговлю, снизить издержки обращения. Торговлю на фьючерсной бирже по сравнению с биржей реального товара отличают преимущественно фиктивный характер сделок (лишь несколько процентов сделок завершаются поставкой товара, а остальные – выплатой разницы в ценах); в основном косвенная связь с рынком реального товара через хеджирование; полная унификация всех условий контрактов, кроме цены и срока поставки; обезличенность сделок, так как они регистрируются не между отдельным покупателем и продавцом, а между ними и Расчетной палатой.

Сделки на фьючерсной бирже заключаются как на товар, так и на валюты, индексы акций, процентные ставки и т.д. Объем операций на фьючерсной бирже, как правило, во много раз превышает размеры торговли реальными товарами.

Основопологающей тенденцией развития биржевой торговли за рубежом в последние два десятилетия стал переход от торговли товарными фьючерсами к финансовым фьючерсам. В 1990-х гг. инвестиционные процессы приобрели международный характер. В то время развитию валютного и фондового международных рынков способствовало окончание эпохи фиксированных валютных курсов, ослабление государственного регулирования в финансовой сфере, продолжающийся быстрый рост международной торговли товарами и услугами, усиление мощи транснациональных корпораций (ТНК), достижение нового уровня в компьютерной и телекоммуникационной технологии и другие процессы. Поскольку зарубежное инвестирование связано с повышенными рисками, а именно риском изменения курса валюты, риском роста / падения процентных ставок по вкладам, риском колебания курсов

акций и т.п., возник и стал расти весьма высокими темпами финансовый фьючерсный рынок, который обеспечил страхование этих рисков. В настоящее время торговля фьючерсными контрактами на валюты и финансовые инструменты представляет собой одно из самых перспективных направлений в развитии зарубежных товарных бирж; это шаг к дальнейшей интеграции товарной биржи в мировой финансовый рынок.

Развитие товарных фьючерсов заняло более 150 лет, а финансовые фьючерсы достигли такого же уровня развития в 10 раз быстрее. На американской бирже Chicago board of trade торговля финансовыми фьючерсами возросла с 20 125 контрактов в 1975 г. (когда они только были введены) до более чем 120 млн. контрактов в год в начале 2000-х гг. Если в 1976 г. основная часть контрактов на этой бирже заключалась на сельскохозяйственные товары и менее 1% всех контрактов – на ценные бумаги, то четыре года спустя объем сделок финансового типа составил 33%, в 1987 г. достиг поразительного показателя – 77%, а в 2001 г. был около 70%.

Темпы роста фьючерсной торговли валютами и финансовыми инструментами на протяжении уже двух десятилетий сохраняются на высоком уровне.

В 2006 г. на финансовые и валютные фьючерсы приходилось 65% оборота американских фьючерсных бирж. Если принять во внимание, что фьючерсные обороты по многим сельскохозяйственным товарам в последние годы снижались (хотя есть несколько примеров относительно успешных новых «товарных» фьючерсов – на сливочное масло, картофель, молоко), да и в целом доля сырья в мировой торговле имеет устойчивую тенденцию к сокращению, то необходимо признать, что будущее современной товарной биржи – за финансовыми фьючерсами.

## 2. РЫНОК ВАЛЮТНЫХ ФЬЮЧЕРСОВ

Рынок иностранной валюты включает в себя все операции по обмену валюты одной страны на валюту другой страны. Его основными участниками выступают экспортеры и импортеры, ТНК, центральные банки и все финансовые и нефинансовые институты, которым по роду своей деятельности приходится пользоваться различными видами валют. В настоящее время этот рынок достиг огромных размеров – ежедневный мировой объем операций по обмену валют оценивается более чем в 400 млрд. долл. США.

Основными участниками валютных рынков являются коммерческие и инвестиционные банки, покупающие и продающие валюту для своих клиентов, для корреспондентских банков и для собственных операций. Второй важной группой участников валютного рынка являются центральные банки. Операции этих банков охватывают правительственные сделки, расчеты с другими центральными банками и различными международными организациями, и интервенции, с помощью которых осуществляется воздействие на обменный курс. Третья основная группа участников на валютном рынке – торговый сектор, операции с валютой в котором осуществляются при покупке или продаже товаров, услуг или финансовых активов за границей. И, наконец, последней группой участников является так называемый сектор капитала, включающий в себя инвесторов и спекулянтов. Для каждой из этих групп операции с иностранной валютой имеют риск, связанный с изменением курсов в будущем. Этот риск в настоящий момент может быть уменьшен различными способами, в том числе и операциями с валютными фьючерсами.

Рынок валютных фьючерсов является элементом структуры финансового фьючерсного рынка. Использование биржевых валютных фьючерсных контрактов – это один из

способов защиты от валютного риска. К иным способам защиты относится использование форвардных контрактов на валюту, заключаемых на межбанковском рынке, и внебиржевых опционов, а также выпуск компанией облигаций в иностранной валюте. Валютный фьючерсный рынок, помимо обеспечения механизма хеджирования, выполняет еще одну важную функцию: курс, зафиксированный на бирже, может служить прогнозом того, что будет через три (или более) месяцев, т.е. он является своего рода сигналом для участников рынка, которые, ориентируясь на фьючерсные котировки, решают, куда лучше вложить свои средства.

Биржевая торговля валютными фьючерсами началась 16 мая 1972 г. на Chicago mercantile exchange, а точнее, на образованном в рамках этой биржи Международном валютном рынке (International monetary market, IMM).

Как указывалось выше, валютные фьючерсы могут служить средством защиты от колебаний курсов. Однако это не единственная возможность, которую они предоставляют.

## 3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ

Под финансовым рынком будем понимать совокупность спроса, предложения и реализации основных ценных бумаг. К основным ценным бумагам относятся: облигации, акции, опционы и фьючерсные контракты.

В настоящее время существует две точки зрения на прогнозирование динамики фьючерсных рынков. Согласно одной из них изменение биржевых курсов случайно и не подчиняется никакой закономерности, т.е. исследование данных систем возможно только с помощью стохастических моделей.

С другой стороны, теория детерминированного хаоса утверждает, что теоретически оправданные нелинейные динамические модели описывают экономические флуктуации более успешно, нежели вероятностные модели.

Современная методология анализа нелинейных динамических систем оформилась в новое научное направление, называемое синергетикой. Эта междисциплинарная наука нацелена на выявление общих принципов эволюции и самоорганизации сложных систем в различных областях знания на основе построения и исследования нелинейных динамических математических моделей.

Фундаментальным отличием синергетической экономики от традиционной является то, что она придает особое значение нелинейным аспектам экономического эволюционного процесса. Она трактует нелинейность и неустойчивость как источник многообразия и сложности экономической динамики, а не шумов и случайных возмущений, как это делает экономика традиционная. Другими словами, синергетика объясняет экономические флуктуации как результат сложных нелинейных взаимодействий внутренних переменных системы.

Главными понятиями синергетики являются «нелинейность», «неустойчивость», «детерминированный хаос». Согласно данной теории, динамику экономических показателей нужно воспринимать как хаотическое движение.

Далее в работе будет показано наличие детерминированной хаотической компоненты в динамике анализируемых процессов и, следовательно, целесообразность применения теории детерминированного хаоса к исследованию динамики параметров валютного фьючерсного рынка.

Основной подход к решению проблемы восстановления динамических уравнений процессов из временных рядов, известный также как обратная задача нелинейной динамики, состоит в «подгонке» дифференциального уравнения определенного класса к экспериментальным данным.

Алгоритм восстановления динамики выглядит следующим образом.

На первом этапе осуществляется выбор вектора состояния.

Набор переменных, характеризующих состояние динамической системы в данный момент времени, называется вектором состояния. Задача состоит в том, чтобы по одномерному временному ряду восстановить фазовый портрет изучаемой системы. Для решения этой задачи существует несколько методов, один из них, так называемый метод задержки, предложен Такенсом [2]. Кроме упомянутого метода, существуют и другие. Например, выбор в качестве вектора состояния совокупности производных исследуемого процесса или интегралов [3].

Далее проводится оценка размерности хаотического процесса.

Важным элементом восстановления динамических уравнений по экспериментальным данным является оценка размерности исследуемого процесса, то есть оценка эффективного числа степеней свободы ( $N$ ), вовлеченных в динамический процесс. Как известно, хаотические аттракторы характеризуются фрактальной размерностью. Располагая фрактальной размерностью, можно оценить размерность  $N$ .

На третьем этапе проводится непосредственно восстановление динамики экономических показателей финансовых рынков.

По известной размерности системы осуществляется подгонка модельного уравнения или системы уравнений к временным рядам. При такой подгонке используются априорные данные о структуре системы, но если таковые отсутствуют, то полиномиальное приближение выступает как разумное начальное приближение, которое может быть уточнено или даже заменено в процессе подгонки. Конечным результатом подгонки является определение коэффициентов при нелинейных слагаемых в уравнении определенного класса. Таким образом, решение обратной задачи нелинейной динамики сводится, в сущности, к параметризации модельного уравнения заданного класса путем наилучшего согласования модели с экспериментальными данными.

Хаотические системы гиперчувствительны к малым возмущениям. Эта особенность данных систем получила название локальной неустойчивости, но, несмотря на это, хаотические системы все же допускают восстановление динамических уравнений на основе стратегии подгонки. Разумеется, свойство локальной неустойчивости не может не отразиться на качестве предсказания исследуемых явлений. Поэтому для краткосрочного прогнозирования данных процессов необходимо использовать схемы адаптации разработанных моделей к реальным данным.

#### 4. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА К ИССЛЕДОВАНИЮ ДИНАМИКИ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ

Сегодня детерминированный хаос – поле для весьма активных исследований, особенно применительно к экономической динамике. Методы данной теории используют для стратегического планирования и управления экономическими рисками, для исследования процессов ценообразования в условиях рыночной экономики, при анализе экономического роста и формирования спроса потребителей на рынке, при анализе процессов малого бизнеса и процессов макроэкономического характера. Дадим обоснование целесообразности применения теории детерминированного хаоса к исследованию динамики показателей финансового рынка.

Следует подчеркнуть, что общепринятого определения хаоса не существует, и в литературе хаос чаще всего определяется в контексте диссипативных систем как явление, связанное с проявлением случайности и непредсказуемости в полностью детерминированных системах, что обозначается как «детерминированный хаос» [4].

Сформулируем основные критерии хаотичности [4]. Для того чтобы провести различие между многочастотным периодическим движением (которое тоже может выглядеть довольно сложно) и хаосом удобно воспользоваться Фурье-преобразованием переменной  $x(t)$ . Для многопериодического движения спектр мощности состоит только из дискретных линий соответствующих частот, тогда как хаотическое движение обладает широким шумовым спектром, локализованным преимущественно в области низких частот. Для того, чтобы определить хаос, можно также воспользоваться автокорреляционной функцией. Эта функция остается постоянной или осциллирует в случае регулярного движения и быстро убывает, если  $x(t)$  становится некоррелированной в хаотическом режиме.

Признаки хаотических колебаний, описанные выше, носят в основном качественный характер, и их определение требует достаточного опыта в применении. Более точными являются количественные признаки хаоса. Один из наиболее распространенных количественных критериев – фрактальная размерность.

В результате можно выделить четыре основных критерия хаотического движения [4]:

- временная зависимость сигнала «выглядит хаотично»;
- спектр мощности представляет собой широкополосный шум и сосредоточен в низкой полосе частот;
- функция автокорреляции быстро спадает;
- размерность аттрактора является дробной величиной.

Для корректного анализа случайных процессов по их реализациям необходимо установить, обладают ли эти процессы тремя основными свойствами. К этим основным свойствам относятся стационарность, случайность и нормальность процесса.

Исследования проводились для российского фьючерсного рынка (фьючерсы на валюту) по следующему алгоритму.

1. Тестирование на стационарность исследуемых процессов – критерий серий, критерий инверсий. Для обоих критериев гипотеза о стационарности принята при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .
2. Проверка на нормальность распределения – критерий согласия «хи-квадрат». Гипотеза о нормальности распределения исследуемых процессов принята при пяти процентном уровне значимости.
3. Вычисление спектральной плотности исследуемых временных рядов проводилось в пакете инженерных расчетов Matlab с использованием алгоритма БПФ. Анализируя полученные результаты (рис. 1, 2), можно отметить, что для обоих рынков характерно сосредоточение спектра мощности в низкой полосе частот.
4. Вычисление автокорреляционной функции проводилось в пакете прикладных программ Matlab при помощи алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ). В расчетах использовался конечный набор точек  $N = 2^n$ , ( $N = 512$ ). Анализируя полученные результаты (рис. 3, 4) можно отметить, что сигнал обнаруживает корреляцию только со своим недавним прошлым. Автокорреляционная функция имеет максимум в начале координат  $\tau = 0$  и быстро затухает со временем.
5. Размерность аттрактора для исследуемых процессов оценена при помощи вычисления корреляционной размерности. Здесь же отметим, что для российского фьючерсного рынка величина корреляционной размерности составила 2,83.

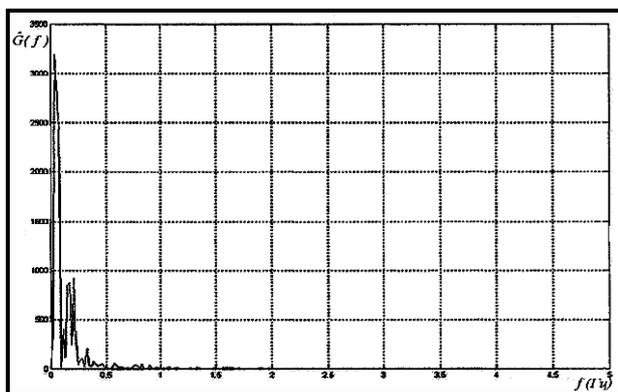


Рис. 1. График спектральной плотности (доллар)

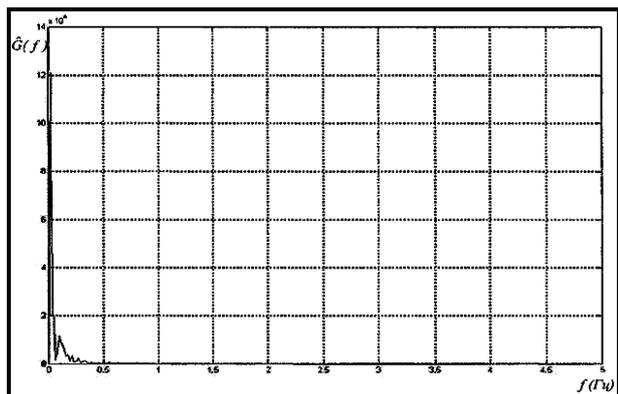


Рис. 2. График спектральной плотности (евро)

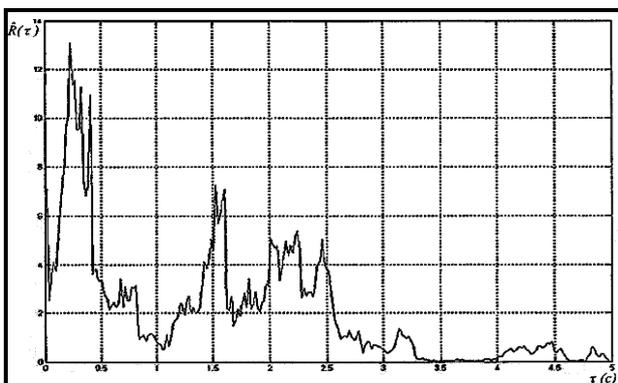


Рис. 3. График автокорреляционной функции (доллар)

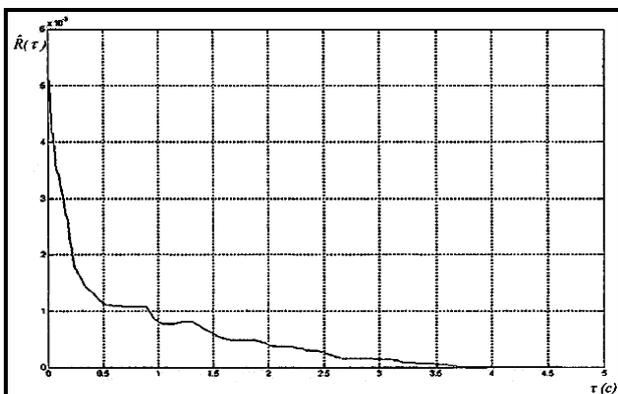


Рис. 4. График автокорреляционной функции (евро)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований позволяют нам утверждать, что динамика фьючерсного рынка характеризуется наличием хаоса. Применение методов теории детерминированного хаоса к исследованию динамики показателей фьючерсных рынков показывает значительную перспективность их использования. Поэтому, на наш взгляд, при исследовании динамики фьючерсных контрактов на валютном секторе финансового рынка наиболее целесообразно использовать методы теории детерминированного хаоса, которые позволяют учесть сложные внутренние взаимодействия экономических показателей исследуемой системы.

## Литература

1. Григорьев В.П., Козловских А.В., Ситникова О.В. Математическая модель краткосрочного прогнозирования динамики фьючерсных рынков // Изв. ТПУ. – 2003. – Ч. 3.
2. Takens F. Detecting strange attractors in turbulence // Dynamical Systems and Turbulence. Lecture Notes and Mathematics / Eds. D. Rang and L.S. Young. – Warwick – 1980. – Vol. 898. – P. 366.
3. Packard N.M., Crutchfield J.P., Farmer J.D., Shaw R.S. Geometry from a time series // Phys. Rev. Lett. – 1980. – Vol. 45. – P. 712.
4. Шустер Г. Детерминированный хаос / Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 240 с.

## Ключевые слова

Динамика фьючерсных контрактов, валютный сектор финансового рынка, экономические показатели, критерии хаотичности.

*Царегородцев Анатолий Валерьевич*

*Ковалев Алексей Андреевич*

## РЕЦЕНЗИЯ

Финансовые рынки являются основой рыночной экономики. Рынок валютных фьючерсов является элементом структуры финансового фьючерсного рынка. Использование биржевых валютных фьючерсных контрактов – это один из способов защиты от валютного риска. В настоящей работе авторами рассматривается возможность применения теории детерминированного хаоса к исследованию динамики фьючерсных контрактов на валютном секторе финансового рынка.

Данная теория предлагает широкий выбор мощных методов и находит обширную область применения в экономике: от исследования бизнес-процессов отдельных фирм до математического описания развития национальной экономики. Но область исследования именно финансовых рынков остается мало изученной. В то время как динамика данных рынков является одним из важных индикаторов состояния экономики в целом.

Одной из особенностей рецензируемой статьи, на которой хотелось бы сделать акцент, является то, что все основные теоретические положения авторов подтверждаются результатами численных экспериментов. Проводится исследование временных рядов валютного фьючерсного рынка.

Представленная на рецензию статья является одним из успешных примеров обобщения зарубежного и отечественного опыта в решении вопросов исследования динамики показателей финансового рынка.

В целом рецензируемая статья представляет несомненный научный и практический интерес и может быть рекомендована к публикации в открытой печати.

*Ковалев В.В., д.э.н., профессор, декан факультета информационных технологий Всероссийской государственной налоговой академии Минфина РФ*

## 8.15. FINANCIAL MARKETS' INDICATORS DYNAMICS RESEARCH

A.V. Tsaregorodtsev,

Doctor of Sciences (Technical), the Professor;

A.A. Kovalev, Post-graduate Student

*All-Russia state tax academy of the Ministry of Finance  
of the Russian Federation*

One of approaches to research of dynamics of the financial markets indicators is offered in the article. The possibility of determined chaos theory application to research of future contracts dynamics on currency sector of the financial market is proved. This theory allows to consider difficult internal interactions of economic indicators of investigated system. The results of research of the currency future market trends are considered.

### Literature

1. V.P. Grigoriev, A.V. Kozlovskih, O.V. Sitnikova. The Mathematical model of short-term forecasting of the future markets dynamics // Izv. TPU. – 2003. – P. 3.
2. F. Takens. Detecting strange attractors in turbulence // Dynamical Systems and Turbulence. Lecture Notes and Mathematics / Eds. D. Rang and L.S. Young. – Warwick – 1980. – Vol. 898. – P. 366.
3. N.M. Packard, J.P. Crutchfield, J.D. Farmer, R.S. Shaw. Geometry from a time series // Phys. Rev. Lett. – 1980. – Vol. 45. – P. 712.
4. G. Chuster. The Determined chaos / English Ed. – M.: MIR, 1988. – 240 p.

### Keywords

Future contracts' dynamics, currency sector of the financial market, economic indicators, criteria of a randomness.